

- 1 -

**Verfahren zur Bestimmung einer momentanen akustischen
Umgebungssituation, Anwendung des Verfahrens und ein
Hörgerät**

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der momentanen akustischen Umgebungssituation, eine Anwendung des Verfahrens bei Hörgeräten sowie ein Hörgerät.

10

Moderne Hörgeräte können heute mit Hilfe verschiedener Hörprogramme - typischerweise sind dies zwei bis maximal drei Programme - unterschiedlichen akustischen Umgebungssituationen angepasst werden. Damit soll das Hörgerät dem Benutzer in jeder Situation einen optimalen Nutzen bieten.

15

Die Wahl des Hörprogramms kann entweder über die Fernbedienung oder über einen Schalter am Hörgerät selbst vorgenommen werden. Das Umschalten zwischen verschiedenen Hörprogrammen ist jedoch für viele Benutzer lästig oder schwierig, wenn nicht sogar unmöglich. Welches Programm zu welchem Zeitpunkt den optimalen Komfort und die beste Sprachverständlichkeit bietet, ist auch für versierte Hörgeräteträger nicht immer einfach zu bestimmen. Ein automatisches Erkennen der akustischen Umgebungssituation und ein damit verbundenes automatisches Umschalten des Hörprogramms im Hörgerät ist daher wünschenswert.

20

25

Es sind derzeit verschiedene Verfahren für die automatische Klassifizierung von akustischen Umgebungssituationen bekannt. Bei all diesen Verfahren werden aus dem Eingangssignal, das beim Hörgerät von einem oder mehreren Mikrofonen stammen kann, verschiedene Merkmale extrahiert. Basierend auf diesen Merkmalen trifft ein Mustererkenner unter Anwendung eines Algorithmus eine Entscheidung über

30

35

- 2 -

die Zugehörigkeit des analysierten Eingangssignals zu einer bestimmten akustischen Umgebungssituation. Die verschiedenen bekannten Verfahren unterscheiden sich dabei einerseits durch die unterschiedlichen Merkmale, welche bei der Beschreibung der akustischen Umgebungssituation verwendet werden (Signalanalyse), und andererseits durch den verwendeten Mustererkenner der die Merkmale klassifiziert (Signalidentifikation).

- 10 Für die Merkmalsextraktion in Audiosignalen wurde im Aufsatz von J. M. Kates mit dem Titel "Classification of Background Noises für Hearing-Aid Applications" (1995, Journal of the Acoustical Society of America 97(1), Seiten 461 bis 469) vorgeschlagen, eine Analyse der zeitlichen Pegelschwankungen und des Spektrums vorzunehmen. Des weiteren wurde in der Europäischen Patentschrift mit der Nummer EP-B1-0 732 036 eine Analyse des Amplitudenhistogramms zur Erreichung des gleichen Ziels vorgeschlagen. Schliesslich wurde die Merkmalsextraktion auch durch eine Analyse verschiedener Modulationsfrequenzen untersucht und angewendet. Diesbezüglich wird auf die beiden Aufsätze von Ostendorf et. al. mit den Titeln "Empirische Klassifizierung verschiedener akustischer Signale und Sprache mittels einer Modulationsfrequenzanalyse" (1997, DAGA 97, Seiten 608 bis 609) und "Klassifikation von akustischen Signalen basierend auf der Analyse von Modulationsspektren zur Anwendung in digitalen Hörgeräten" (1998, DAGA 98, Seiten 402 bis 403) verwiesen. Ein ähnlicher Ansatz ist auch in einem Aufsatz von Edwards et. al. mit dem Titel "Signal-processing algorithms for a new software-based, digital hearing device" (1998, The Hearing Journal 51, Seiten 44 bis 52) offenbart. Weitere mögliche Merkmale sind der Pegel selbst oder die Nulldurchgangsrate wie z.B. in H. L. Hirsch, "Statistical Signal Characterization" (Artech House 1992) beschrieben. Die bisher zur Audiosignalanalyse verwendeten Merkmale sind

- 3 -

also rein technisch-basiert.

Grundsätzlich lassen sich für die Geräuschklassifizierung bekannte Musteridentifikationsmethoden verwenden. So eignen sich insbesondere sogenannte Abstandsschätzer, Bayes Klassifizierer, Fuzzy Logic Systeme oder Neuronale Netzwerke als Mustererkenner. Weitere Informationen zu den zwei erst genannten Methoden können der Druckschrift "Pattern Classification and Scene Analysis" von Richard O. Duda und Peter E. Hart (John Wiley & Sons, 1973) entnommen werden. Bezüglich Neuronalen Netzwerken wird auf das Standardwerk von Christopher M. Bishop mit dem Titel "Neural Networks for Pattern Recognition" (1995, Oxford University Press) verwiesen. Des weiteren wird auf die folgenden Publikationen verwiesen: Ostendorf et. al., "Klassifikation von akustischen Signalen basierend auf der Analyse von Modulationsspektren zur Anwendung in digitalen Hörgeräten" (Zeitschrift für Audiologie, 1998, Seiten 148 bis 150); F. Feldbusch, "Geräuscheerkennung mittels Neuronaler Netzwerke" (1998, Zeitschrift für Audiologie, Seiten 30 bis 36); Europäische Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer EP-A1-0 814 636; und US-Patent mit der Veröffentlichungsnummer US-5 604 812. All die genannten Mustererkennungsmethoden haben jedoch den Nachteil, dass sie lediglich statische Eigenschaften der interessierenden Geräuschklassen modellieren.

Die bekannten Methoden zur Geräuschklassifikation, bestehend aus Merkmalsextraktion und Mustererkennung, weisen die Nachteile auf, dass, obwohl eine eindeutige und robuste Identifikation von Sprachsignalen grundsätzlich möglich ist, mehrere verschiedene akustische Umgebungssituationen nicht oder nur in unzureichender Weise klassifiziert werden können. So ist es zwar mit den bekannten Verfahren möglich, reine Sprachsignale von "Nicht-Sprache" - d.h. allen anderen akustischen

- 4 -

Umgebungssituationen - unterscheiden zu können. Dies reicht jedoch nicht aus, damit ein für eine momentane akustische Umgebungssituation zu verwendendes optimales Hörprogramm gewählt werden kann. Als Folge davon ist entweder die

5 Anzahl möglicher Hörprogramme auf die zwei automatisch erkennbaren akustischen Umgebungssituationen beschränkt oder der Hörgeräteträger muss die nicht abgedeckten akustischen Umgebungssituationen selber erkennen und das dazugehörige Hörprogramm von Hand aktivieren.

10

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, zunächst ein Verfahren zur Bestimmung einer momentanen akustischen Umgebungssituation anzugeben, das gegenüber den bekannten Verfahren wesentlich robuster und

15 genauer ist.

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 angegebenen Massnahmen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung, eine Anwendung des Verfahrens sowie ein Hörgerät

20 sind in weiteren Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung basiert auf einer Extraktion von Signalmerkmalen und einer nachfolgenden Separation verschiedener Geräuschquellen sowie einer Identifikation

25 verschiedener Geräusche. Anstatt oder neben technisch-basierten Merkmalen werden bei der Signalanalyse zur Merkmalsextraktion auditorisch-basierte Merkmale berücksichtigt. Diese auditorisch-basierten Merkmale werden mit Methoden der Auditory Scene Analysis (ASA) ermittelt.

30 In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens erfolgt eine Gruppierung der Merkmale mit Hilfe der Gestaltprinzipien kontextunabhängig oder kontextabhängig. Die eigentliche Identifikation bzw. Klassifizierung der Audiosignale erfolgt ausgehend von den

35 extrahierten Merkmalen in bevorzugter Weise mittels Hidden Markov Modellen (HMM). Die Erfindung weist den Vorteil auf,

- 5 -

dass die Anzahl der erkennbaren Geräuschklassen und damit die Anzahl der Hörprogramme erhöht ist, womit die Leistung der Geräuschklassifizierung und damit der Komfort für den Benutzer des Hörgerätes verbessert sind.

5

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung beispielsweise näher erläutert. Dabei zeigt die einzige Figur ein Blockschaltbild eines Hörgerätes, in dem das erfindungsgemässe Verfahren realisiert ist.

10

In der einzigen Figur ist mit 1 ein Hörgerät bezeichnet, wobei im folgenden unter dem Begriff "Hörgerät" sowohl sogenannte Hörhilfen, welche zur Korrektur eines geschädigten Hörvermögens einer Person eingesetzt werden, als auch alle anderen akustischen Kommunikationssysteme, wie zum Beispiel Funkgeräte, zu verstehen sind.

15

Das Hörgerät 1 ist in bekannter Weise zunächst aus zwei elektro-akustischen Wandlern 2a, 2b und 6, nämlich einem oder mehreren Mikrophonen 2a, 2b und einem Lautsprecher 6 - auch etwa als Hörer bezeichnet - besteht. Ein eigentlicher Hauptbestandteil eines Hörgerätes 1 ist eine mit 4 bezeichnete Übertragungseinheit, in welcher die - im Falle einer Hörhilfe - auf den Benutzer des Hörgerätes 1 abgestimmten Signalmodifikationen vorgenommen werden. Die in der Übertragungseinheit 4 vorgenommenen Operationen sind jedoch nicht nur von der Art einer vorgegebenen Zielfunktion des Hörgerätes 1 abhängig, sondern werden insbesondere auch in Abhängigkeit der momentanen akustischen Umgebungssituation gewählt. Aus diesem Grund wurden z. B. bereits Hörhilfen angeboten, bei denen der Geräteträger eine manuelle Umschaltung zwischen verschiedenen Hörprogrammen vornehmen kann, die auf bestimmte akustische Umgebungssituationen angepasst sind. Ebenso sind Hörhilfen bekannt, bei denen die Erkennung der akustischen Umgebungssituation automatisch vorgenommen

30

35

- 6 -

wird. Diesbezüglich sei nochmals auf die europäischen Patentschriften mit den Veröffentlichungsnummern EP-B1-0 732 036 und EP-A1-0 814 636 sowie auf das US Patent mit der Veröffentlichungsnummer US-5 604 812, und auf die Broschüre
5 "Claro Autoselect" der Firma Phonak hearing systems (28148(GB)/0300, 1999) verwiesen.

Neben den erwähnten Bestandteilen - wie Mikrophone 2a, 2b, Übertragungseinheit 4 und Hörer 6 - ist im Hörgerät 1 eine
10 Signalanalyseeinheit 7 und eine Signalidentifikationseinheit 8 vorgesehen. Handelt es sich beim Hörgerät 1 um eine Realisierung mittels Digitaltechnologie, so sind zwischen den Mikrophonen 2a, 2b und der Übertragungseinheit 4 ein oder mehrere
15 Analog/Digital-Wandler 3a, 3b und zwischen der Übertragungseinheit 4 und dem Hörer 6 ein Digital/Analog-Wandler 5 vorgesehen. Obwohl die Realisierung in Digitaltechnologie die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, ist grundsätzlich auch denkbar,
20 dass alle Komponenten in Analogtechnologie realisiert sind. Diesfalls entfallen selbstverständlich die Wandler 3a, 3b und 5.

Die Signalanalyseeinheit 7 ist mit dem gleichen
25 Eingangssignal beaufschlagt wie die Übertragungseinheit 4. Schliesslich ist die Signalidentifikationseinheit 8, welche mit dem Ausgang der Signalanalyseeinheit 7 verbunden ist, mit der Übertragungseinheit 4 und mit einer Steuereinheit 9 verbunden.

30 Mit 10 ist eine Trainingseinheit bezeichnet, mit Hilfe derer die Ermittlung von für die Klassifizierung in der Signalidentifikationseinheit 8 benötigten Parameter in einem "off-line"-Betrieb vorgenommen wird.

35 Die durch die Signalanalyseeinheit 7 und die

- 7 -

Signalidentifikationseinheit 8 ermittelten Einstellungen der Übertragungseinheit 4 und der Steuereinheit 9 können durch den Benutzer mittels einer Benutzereingabeeinheit 11 überschrieben werden.

5

Im folgenden wird das erfindungsgemässe Verfahren erläutert:

Es basiert im wesentlichen darauf, dass in einer Extraktionsphase charakteristische Merkmale aus einem akustischen Signal extrahiert werden, wobei anstelle oder zusätzlich zu technisch-basierten Merkmalen - wie z. B. die früher erwähnten Nulldurchgangsraten, zeitlichen Pegelschwankungen, verschiedenen Modulationsfrequenzen, oder der Pegel, der spektrale Schwerpunkt, die Amplitudenverteilung, etc. - auch auditorisch-basierte Merkmale verwendet werden. Diese auditorisch-basierten Merkmale werden mit Hilfe der Auditory Scene Analysis (ASA) ermittelt und umfassen insbesondere die Lautheit, die spektrale Form (timbre), die harmonische Struktur (pitch), gemeinsame Einschwing- und Ausschwingzeiten (on-/offsets), kohärente Amplitudenmodulationen, kohärente Frequenzmodulationen, kohärente Frequenzübergänge, binaurale Effekte, etc. Erläuterungen zur Auditory Scene Analysis sind z. B. in den Werken von A. Bregman, "Auditory Scene Analysis" (MIT Press, 1990) und W. A. Yost, "Fundamentals of Hearing - An Introduction" (Academic Press, 1977) zu finden. Angaben zu den einzelnen auditorisch-basierten Merkmalen findet man u.a. in W. A. Yost und S. Sheft, "Auditory Perception" (in "Human Psychophysics", herausgegeben von W. A. Yost, A. N. Popper und R. R. Fay, Springer 1993), W. M. Hartmann, "Pitch, periodicity, and auditory organization" (Journal of the Acoustical Society of America, 100 (6), Seiten 3491 bis 3502, 1996), sowie D. K. Mellinger und B. M. Mont-Reynaud, "Scene Analysis" (in "Auditory Computation", herausgegeben

- 8 -

von H. L. Hawkins, T. A. McMullen, A. N. Popper und R. R. Fay, Springer 1996).

Als Beispiel für die Verwendung von auditorisch-basierten
5 Merkmalen bei der Signalanalyse sei an dieser Stelle die
Charakterisierung der Tonalität des akustischen Signals
durch die Analyse der harmonischen Struktur angegeben, was
speziell für die Identifikation tonaler Signale, wie
Sprache und Musik, geeignet ist.

10

Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemässen
Verfahrens ist es vorgesehen, in der Signalanalyseeinheit 7
des weiteren eine Gruppierung der Merkmale mittels Gestalt-
Prinzipien vorzunehmen. Dabei werden die Prinzipien der
15 Gestalttheorie, bei der qualitative Eigenschaften - wie
Kontinuität, Nähe, Ähnlichkeit, gemeinsames Schicksal,
Geschlossenheit, gute Fortsetzung und andere - untersucht
werden, auf die auditorisch-basierten und eventuell
technischen Merkmale zur Bildung von auditorischen Objekten
20 angewendet. Die Gruppierung kann - wie übrigens auch die
Merkmalsextraktion in der Extraktionsphase - entweder
kontext-unabhängig, also ohne Hinzunahme von zusätzlichem
Wissen, durchgeführt werden (sogenannt "primitive"
Gruppierung), oder sie kann kontext-abhängig im Sinne der
25 menschlichen auditorischen Wahrnehmung unter Verwendung von
zusätzlicher Information oder Hypothesen über den
Signalgehalt erfolgen (sogenannt "schema-basierte"
Gruppierung). Die kontext-abhängige Gruppierung ist also
der jeweiligen akustischen Situation angepasst. Für
30 ausführliche Erläuterungen der Prinzipien der
Gestalttheorie und der Gruppierung mittels
Gestaltprinzipien sei stellvertretend auf folgende
Veröffentlichungen verwiesen: "Wahrnehmungspsychologie" von
E. B. Goldstein (Spektrum Akademischer Verlag, 1997),
35 "Neuronale Grundlagen der Gestaltwahrnehmung" von A. K.
Engel und W. Singer (Spektrum der Wissenschaft, 1998,

- 9 -

Seiten 66-73), sowie "Auditory Scene Analysis" von A. Bregman (MIT Press, 1990).

Der Vorteil der Anwendung dieser Gruppierungsverfahren
5 liegt darin, dass die Merkmale des Eingangssignals weiter
differenziert werden können. Insbesondere sind dadurch
Signalteile identifizierbar, welche von unterschiedlichen
Klangquellen stammen. Dies ermöglicht, dass die
extrahierten Merkmale einzelnen Geräuschquellen zugeordnet
10 werden können, womit zusätzliches Wissen über die
vorhandenen Geräuschquellen - und damit über die momentane
Umgebungssituation - erhalten wird.

Der zweite Aspekt des hier beschriebenen erfindungsgemässen
15 Verfahrens betrifft die Mustererkennung bzw. die
Signalidentifikation, welche in der Identifikationsphase
vorgenommen wird. In der bevorzugten Ausführungsform des
erfindungsgemässen Verfahrens kommt in der
Signalidentifikationseinheit 8 zur automatischen
20 Klassifizierung der akustischen Umgebungssituation die
Methode der Hidden Markov Modelle (HMM) zur Anwendung.
Damit können auch zeitliche Änderungen der berechneten
Merkmale zur Klassifizierung eingesetzt werden. Demzufolge
können auch dynamische und nicht nur statische
25 Eigenschaften der zu erkennenden Umgebungssituationen resp.
Geräuschklassen berücksichtigt werden. Ebenfalls möglich
ist die Kombination von HMMs mit anderen Klassifizierern,
z. B. in einem mehrstufigen Erkennungsverfahren, zur
Identifikation der akustischen Umgebung.

30 Das Ausgangssignal der Signalidentifikationseinheit 8
enthält somit Informationen über die Art der akustischen
Umgebung (akustische Umgebungssituation). Diese Information
wird der Übertragungseinheit 4 beaufschlagt, in der das für
35 die erkannte Umgebungssituation geeignetste Programm bzw.
der geeignetste Parametersatz für die Übertragung

- 10 -

ausgewählt wird. Gleichzeitig wird die in der
Signalidentifikation 8 ermittelte Information der
Steuereinheit 9 für weitere Funktionen beaufschlagt, wo je
nach Situation eine beliebige Funktion - z.B. ein
5 akustisches Signal - ausgelöst werden kann.

Werden in der Identifikationsphase Hidden Markov Modelle
verwendet, so wird ein aufwendiges Verfahren zur Ermittlung
der für die Klassifizierung notwendigen Parameter
10 notwendig. Diese Parameterermittlung erfolgt daher
vorzugsweise in einem "Off-line"-Verfahren, und zwar für
jede Klasse allein. Die eigentliche Identifikation
verschiedener akustischer Umgebungssituationen erfordert
nur geringen Speicherplatz und wenig Rechenkapazität. Daher
15 wird vorgeschlagen, eine Trainingseinheit 9 vorzusehen, die
zur Parameterbestimmung ausreichend Rechenleistung aufweist
und die mit geeigneten Mitteln mit dem Hörgerät 1 zum Zweck
des Datentransfers verbindbar sind. Solche Mittel können
beispielsweise eine einfache Drahtverbindung mit
20 entsprechenden Steckern sein.

Mit dem erfindungsgemässen Verfahren ist es somit möglich,
aus einer Vielzahl verschiedener Einstellmöglichkeiten und
automatisch abrufbaren Aktionen die geeignetste
25 auszuwählen, ohne dass der Benutzer des Gerätes selber
tätig werden muss. Der Komfort für den Benutzer ist damit
wesentlich verbessert, denn es wird unmittelbar nach dem
Erkennen einer neuen akustischen Umgebungssituation das
richtige Programm bzw. die entsprechende Funktion im
30 Hörgerät 1 selbsttätig gewählt.

Benutzer von Hörgeräten haben oft auch den Wunsch, die
vorstehend beschriebene automatische Erkennung der
Umgebungssituation und die damit verbundene automatische
35 Wahl des entsprechenden Programms auszuschalten. Aus diesem
Grund ist eine Eingabeeinheit 11 vorgesehen, mit der

- 11 -

automatische Reaktionen oder die automatische Programmwahl überschrieben werden kann. Eine solche Eingabeeinheit 11 kann z. B. ein Schalter am Hörgerät 1 oder eine Fernbedienung sein, welche durch den Benutzer betätigt wird. Andere Möglichkeiten wie z. B. eine sprachgesteuerte Benutzereingabe sind ebenfalls denkbar.